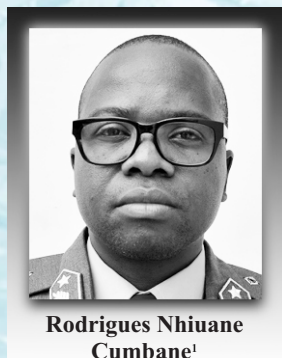
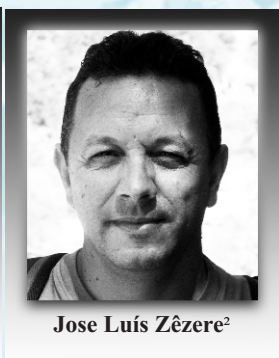


## Susceptibilidade de incêndios urbanos nos bairros do Município de Maputo



Rodrigues Nhiuane  
Cumbane<sup>1</sup>



Jose Luís Zêzere<sup>2</sup>

### Resumo

Este trabalho analisa a susceptibilidade de incêndios urbanos em 36 bairros do Município de Maputo, em Moçambique, com base em registos para o período de 1999 a 2012. Os modelos de susceptibilidade construídos através do método do Valor Informativo permitem concluir que a distribuição dos incêndios no Município de Maputo não é aleatória, sendo influenciada pelas seguintes condições: quarteirões com dimensão de pelo menos 10 hectares, com mais de 200

edifícios, com uma população superior a 1000 habitantes e uma densidade populacional entre 500 e 5000 hab/km<sup>2</sup>, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. Os incêndios são ainda favorecidos pela existência de pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho, bem como pela existência de problemas em instalações eléctricas, tais como equipamentos sem isolamento, potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente. A susceptibilidade de incêndios tende a concentrar-se nos bairros de maior urbanização, como Polana Cimento B, Alto Maé B, Central A, Central B, Coop, Costa do Sol, Mahotas, Central C, Chamanculo A, Malhangalene A. Excepcionalmente, temos bairros como Malhazine e Zimpeto que, não sendo urbanos, apresentam igualmente elevados níveis de susceptibilidade. A disposição diferenciada da susceptibilidade é explicada pela heterogeneidade existente entre os espaços geográficos que constituem a área de estudo, pela presença diferenciada dos factores condicionantes e pelo histórico de recorrência de casos de incêndios.

**Palavras-chave:** Incêndios urbanos, Susceptibilidade, Valor Informativo.

### Abstract

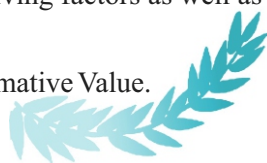
This paper analyses the susceptibility of urban fires in 36 neighbourhoods in Maputo Municipality in Mozambique. The analysis is based on time series data from 1999 to 2012. The susceptibility models which were constructed through Informative Value method lead to conclude that urban fires are not randomly distributed along the Maputo Municipality, rather, they are influenced by factors such as blocks with at least 10 hectares containing more than 200 buildings and dwelled by more than 1000 inhabitants; population density in the range

<sup>1</sup> Doutor em Território, Risco e Políticas Públicas pelo Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa; Mestre em Administração Pública pelo Instituto Superior de Administração Pública (ISAP); Licenciado em Ciências Policiais pela ACIPOL. Docente-Investigador e Director de Investigação e Extensão da ACIPOL.

<sup>2</sup> Professor Catedrático do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa. Investigador do Centro de Estudos Geográficos e Coordenador do Núcleo de Investigação "Avaliação e Gestão de Perigosidades e Risco Ambiental" (RISKam).

500 - 5000 hab/km<sup>2</sup>; predominance of building with more than 2 floors jointly used for dwelling, business activities and services. Furthermore, urban fires are influenced by the existing small parcels used for informal car repair services and others alike; bypass of electric network as well as by troubleshooting in electric due to non-isolated equipment; power consumption above the supplied capacity. Fire susceptibility tends to be concentrated in neighborhoods more urbanized such as Polana Cimento B, Alto Maé B, Central A, Central B, Coop, Costa del Sol, Mahotas, Central C, Chamanculo A, Malhangalene A. Exceptionally, we have neighborhoods like Malhazine and Zimpeto that, not being urban, also present high levels of susceptibility. The spatial distribution of susceptibility is due to heterogeneity in the existing geographical spaces of the study area, by a twisted presence of the driving factors as well as by the historic persistent cases of urban fires.

Key-word: Urban fire; Susceptibility; Informative Value.



## 1. Introdução

O objecto do presente artigo é a susceptibilidade de incêndios urbanos no Município de Maputo, em Moçambique. Os incêndios urbanos constituem um dos perigos presentes no quotidiano, sendo que a sua ocorrência pode resultar na morte de pessoas, destruição de infra-estruturas, interrupção de actividades, para além de efeitos sobre o ambiente. A adopção de políticas e a criação de instrumentos de gestão do risco de incêndios urbanos implica o conhecimento detalhado das áreas susceptíveis a este tipo de perigo e a avaliação das suas consequências potenciais, em função da vulnerabilidade dos elementos expostos nessas áreas (populações, infra-estruturas e actividades desenvolvidas).

O facto de as cidades, tendencialmente, apresentarem melhores condições em infra-estruturas sociais e oferta de oportunidades de emprego explica a concentração de pessoas nas zonas urbanas. Porém, a oferta limitada de terra, o alto custo de vida e a falta de políticas efectivas de ordenamento territorial e de habitação para responder ao crescimento populacional resultam, amiúde, no surgimento de bairros assolados pela

pobreza urbana, com infra-estruturas predominantemente precárias e com uma grande densidade populacional.

Em Moçambique, acresce-se aos factores tradicionais das migrações campo-cidade, a guerra civil que afligiu o país durante 16 anos, assim como uma série de calamidades naturais (secas, inundações) que agudizaram muito as, já de si, precárias condições de vida nas zonas rurais, fazendo com que Maputo fosse o destino de eleição (Araújo, 2006, p. 3-4). Dados do Instituto Nacional de Estatística indicam que a população do Município de Maputo passou de 966.837 habitantes, em 1997, para 1.094.315 habitantes, em 2007. Em 2007, a densidade demográfica de Maputo era de 3.148 habitantes por km<sup>2</sup> (INE:2007). Paralelamente, o Município de Maputo apresenta um parque habitacional antigo e, muitas vezes, mal conservado, ao qual se acresce a emergência de bairros de expansão urbana, por vezes, informais e com elevados níveis de ocupação, precárias condições de saneamento, fraca rede de infra-estruturas públicas, incluindo instalações eléctricas vulneráveis, o que espelha a pobreza urbana. Considerando a tese de Seito *et al.* (2008), de que

as ocorrências de incêndios são em maior número em regiões mais densamente povoadas, percebe-se do cenário de vulnerabilidade descrito que existe uma propensão para o Município de Maputo ser afectado por incêndios.

O risco de incêndio urbano tem sido, sobretudo, explorado numa perspectiva estrutural do edifício, nomeadamente no contexto da engenharia civil, onde o enfoque é a segurança do edifício desde a sua projecção, selecção dos materiais, construção e manutenção.

Sem a pretensão de proceder à análise completa do risco, este artigo dá um importante passo para que isso aconteça, ao analisar a incidência espacial de incêndios (susceptibilidade) numa escala mais alargada (quarteirão e bairro).

O objectivo geral do artigo consiste na análise da susceptibilidade de incêndio no Município de Maputo. Especificamente, pretende-se: (i) efectuar o levantamento e tratamento estatístico do histórico de ocorrências de incêndios em Maputo entre 1999 e 2012; (ii) identificar áreas com maior incidência histórica de ocorrência de incêndios; (iii) determinar a susceptibilidade de incêndios a nível do espaço municipal; (iv) identificar factores condicionantes mais eficazes para explicar a distribuição espacial dos incêndios urbanos no Município.

A pesquisa realizada passou por aferir de que maneira as ocorrências de incêndios se distribuem pelo Município de Maputo e que factores condicionantes melhor explicam essa distribuição? As questões levantadas são particularmente relevantes para esta pesquisa, pelo facto do Município de Maputo possuir bairros com características que configuram os factores constatados por vários estudos no domínio dos incêndios urbanos como

condicionantes para este tipo de risco e não existirem, no entanto, estudos preditivos capazes de determinar a incidência espacial do fenómeno, o que seria importante para sustentar a implementação de políticas de protecção civil.

Acioly & Dadson (1998) estabelecem uma relação directa entre a densidade de ocupação, acessibilidade e os incêndios urbanos. Para estes autores, áreas com elevado índice de densidade de ocupação, especialmente nas cidades africanas e asiáticas, registam um elevado histórico de ocorrências de incêndios, tendo como causas principais as precárias condições habitacionais, as ligações clandestinas e improvisadas à rede de distribuição eléctrica, e o uso indiscriminado e sem os devidos cuidados de madeira e carvão como fontes de energia.

Adicionalmente, as questões de pesquisa encontram sustentação em trabalhos mais recentes de Palomino (2001), Istre *et al.* (2001), Santos *et al.* (2001) e Warda *et al.* (2004). Os autores referidos defendem a existência de factores que condicionam a ocorrência de incêndios em espaços urbanos, nomeadamente as vias de acesso, o tipo de material de construção predominante no edificado, a existência de edifícios devolutos, a alta densidade das áreas edificadas (alta taxa de ocupação do lote) e a qualidade das instalações da rede de distribuição eléctrica, pois estas características facilitam a propagação dos incêndios e impedem que os bombeiros alcancem facilmente os locais afectados.

A hipótese de investigação é de que “a incidência espacial dos incêndios urbanos no Município de Maputo não é aleatória, a sua distribuição é condicionada por um conjunto de factores demográficos e infra-estruturais. Conhecendo-se os factores que condicionam a

sua distribuição, é possível, através do método do Valor Informativo, prever a localização de ocorrências futuras e determinar a importância relativa de cada factor na predição espacial dos incêndios.” Trata-se, por outras palavras, de procurar identificar, na área de estudo, quais as variáveis que têm mais capacidade explicativa na incidência espacial dos incêndios.

A base para testar a hipótese atrás formulada implica a sistematização de um inventário do histórico de ocorrências de incêndios no espaço em observação, num período temporal suficientemente alargado para ter significado estatístico, no caso, o período compreendido entre 1999 e 2012.

O uso do método do Valor Informativo justifica-se pela eficácia que a sua utilização demonstrou em estudos de análise espacial em que uma variável dependente binária (presença/ausência) se relaciona com um conjunto de variáveis condicionantes independentes, como é o caso da avaliação da susceptibilidade a movimentos de vertente (Yan, 1988; Yin & Yan, 1988; Zêzere, 1997; Pereira, 2009; Guillard & Zêzere, 2012). No caso do presente estudo, a sua utilização é importante na medida em que, sendo um método estatístico bi-variado, permite aferir de forma muito precisa a relação entre a presença da variável condicionante e a presença de incêndio numa mesma unidade territorial.

A relevância teórica do trabalho assenta no facto de abordar uma área científica ainda menos explorada em Moçambique, esperando-se que o mesmo venha a suscitar interesse pelo assunto e sirva de base para o debate académico neste domínio. Um aspecto inovador é a utilização do método do Valor Informativo no estudo de incêndios urbanos, o que permite uma avaliação a uma escala municipal diferente da tradicional, que

assenta em métodos com aplicação a escala de edifício.

Outra razão é a constatação de que as políticas e instrumentos de protecção civil a nível do Município de Maputo negligenciam a abordagem dos incêndios, não existindo um instrumento de referência que permita uma intervenção planificada, coerente e global em caso de uma ocorrência.

Este trabalho pode contribuir para que os incêndios urbanos entrem, finalmente, na agenda pública em Moçambique e que sejam tidos em conta na formulação, decisão e implementação de políticas públicas a nível de ordenamento do espaço urbano municipal.

## 2. Área de Estudo: Município de Maputo

O Município de Maputo tem como núcleo a cidade com o mesmo nome, capital da República de Moçambique, e situa-se na parte sul do país (Figura 1).



**Figura 1 – Mapa de Moçambique (Fonte: Guia Geográfico Moçambique).**



A cidade de Maputo situa-se a 120 km da fronteira com a África do Sul e a 80 km da fronteira com a Suazilândia. A capital de Moçambique localiza-se a oeste da baía de Maputo, onde desaguam os rios Tembe, Umbeluzi, Matola e Infulene, a uma altitude média de 47 metros e os seus limites correspondem às latitudes 25° 49' 09" S (extremo norte) e 26° 05' 23" S (extremo sul) e às longitudes 33° 00' 00" E (extremo leste - considerada a ilha de Inhaca) e 32° 26' 15" E (extremo oeste). A norte, a cidade de Maputo faz fronteira com o distrito de Marracuene, a noroeste e oeste com o Município da Matola, a oeste com o distrito de Boane, e a sul com o distrito de Matutuine, todos pertencentes à província de Maputo.

O Município de Maputo subdivide-se em 7 Distritos (Unidade Administrativa Autárquica), nomeadamente kaMpfumu, Nhlamankulu, kaMaxakeni, kaMavota, kaMubukwana, kaNyaka e kaTembe, que se encontram, por sua vez, divididos em bairros e quarteirões. De acordo com o Centro Nacional de Cartografia, Maputo ocupa uma área de 347,69 km<sup>2</sup>. A população do Município de Maputo é maioritariamente jovem, situando-se na ordem dos 60 % os munícipes na faixa etária entre 15 e 59 anos de idade. O grupo de idade mais representativo é o dos 20 a 24 anos, com 12,4 % da população total. Em termos do género, a população masculina é de 48,7 %, enquanto a feminina é de 51,3 %, embora quando analisado o grupo de idade mais representativo (20 a 24) a diferença percentual seja ínfima, equivalente a 0,2% (Conselho Municipal de Maputo, 2011).

O distrito municipal kaMpfumu representa a zona mais urbana do Município, constituindo o núcleo da cidade de Maputo. Os distritos municipais de Nhlamankulu, kaMaxakeni, kaMavota e kaMubukwana localizam-se na zona mista, constituindo a cintura imediata do núcleo

urbano da cidade de Maputo, delimitando-a das áreas mais suburbanas e de expansão municipal mais recente. Por seu turno, o distrito kaNyaka é uma ilha e, à semelhança do distrito kaTembe, está fisicamente separado do resto da cidade pela baía de Maputo.

A área com maiores índices de urbanização pertence ao distrito municipal kaMpfumu, que compreende os bairros Central A, Central B, Central C, Alto Maé A, Alto Maé B, Malhangalene A, Malhangalene B, Polana Cimento A, Polana Cimento B, Coop e Sommerchild. Por seu turno, os distritos municipais de kaMavota e kaMubukwana são os que se localizam nas áreas mais periféricas da cidade, sendo resultado do crescimento urbano dos anos pós independência (Araujo, 2006). Devido à indisponibilidade e/ou incongruência de dados de ocorrências de incêndios nos relatórios do Serviço Nacional de Salvagem Pública (SENSAP), os bairros dos distritos de kaTembe e kaNyaka não fizeram parte desta pesquisa. O estudo considerou a parte continental do Município de Maputo, de onde foram seleccionados 36 bairros, em função da disponibilidade e fiabilidade dos dados.

### 3. Conceitos de Incêndios Urbanos e de Susceptibilidade

Entende-se por incêndio urbano a combustão sem controlo, no espaço e no tempo, dos materiais combustíveis existentes em diversas infra-estruturas ou instalações, provocando a sua destruição parcial ou total em ambiente urbano, fora de instalações industriais (Palomino, 2001; Castro & Abrantes, 2005).

A susceptibilidade representa a propensão para uma área ser afectada por um determinado perigo em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos factores de predisposição para a ocorrência

dos processos ou acções, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência (incidência espacial do perigo) (Julião et al., 2009).

#### 4. Dados e Métodos

Os dados utilizados foram recolhidos em 2 níveis fundamentais:

- i. Recolha de dados do histórico de ocorrências de incêndios urbanos para o período 1999-2012, a partir da análise dos registos existentes nos livros do SENSAP e do arquivo do Jornal Notícias de Maputo, buscando a localização, as causas e as consequências conhecidas. O uso do histórico de ocorrências em estudos de incêndios urbanos é aceitável em contextos em que as condições do passado sejam iguais ou semelhantes às do presente (Yung, 2008) e projectáveis para o futuro.
- ii. Inventariação dos elementos das variáveis necessárias para o estudo da susceptibilidade: dimensão dos quarteirões; tipologia da edificação predominante na área de estudo; número de casas por quarteirão; presença de instalações técnicas susceptíveis de causar incêndio (e.g. bombas de combustíveis e oficinas de soldadura); qualidade das instalações eléctricas; número de habitantes por quarteirão; densidade populacional; e número de habitantes por edifício.

As informações sobre o histórico de ocorrências foram integradas numa base de dados em Excel 2007, com vista a permitir o seu tratamento estatístico. Este exercício teve em vista descrever a situação dos incêndios no espaço de pesquisa, nomeadamente a evolução temporal dos incêndios; a distribuição dos incêndios nos meses do ano e a determinação dos períodos do

dia com mais casos; a identificação dos bairros com maior e menor incidência histórica de eventos; os tipos de elementos afectados; e as causas e consequências conhecidas.

Após construir a base de dados do histórico de incêndios, iniciou-se a avaliação da incidência espacial dos casos (susceptibilidade), o que, numa fase posterior, possibilitará o cálculo da probabilidade temporal de ocorrência de incêndios nestes bairros e a consequente determinação da perigosidade (onde e quando podem vir a ocorrer incêndios no futuro no território em análise).

A avaliação da susceptibilidade a incêndios urbanos foi feita ao nível do quarteirão, com base no Método do Valor Informativo, de modo a identificar o peso específico de cada classe dentro de cada variável condicionante. O uso do método do Valor Informativo justifica-se pela eficácia demonstrada em estudos anteriores no domínio da susceptibilidade (e.g. Yan, 1988; Yin & Yan, 1988; Zêzere, 1997; Pereira, 2009; Guillard & Zêzere, 2012). Embora menos difundida a sua utilização na modelação da susceptibilidade aos incêndios urbanos à escala municipal, o método do Valor Informativo mostrou-se adequado considerando os objectivos definidos e a base de dados construída.

Sustentado na transformação logarítmica da razão entre a probabilidade condicionada e a probabilidade a priori, o método do Valor Informativo permite, segundo a verificação de Zêzere et al. (2009), a ponderação de cada classe de cada factor condicionante. Com vista a viabilizar a utilização deste método, procedeu-se ao cálculo das probabilidades a priori e condicionadas das classes das variáveis de análise, o que permitiu identificar os factores que mais contribuem para a explicação da distribuição

especial dos incêndios ao nível dos bairros.

O cálculo das probabilidades condicionadas foi efectuado através da seguinte equação:

$$P_{ccl} = \frac{S_i}{N_i}$$

Onde:

PCcl é a probabilidade condicionada da classe cl;

Si = n.º de quarteirões com incêndio e presença da classe cl;

Ni = n.º de quarteirões com presença da classe cl.

Para além das probabilidades condicionadas, o exercício matemático da determinação da susceptibilidade integra a probabilidade a priori de ocorrência de incêndios urbanos, a qual traduz a probabilidade de uma unidade territorial (neste caso o quarteirão) registar uma ocorrência de incêndio sem considerar os factores condicionantes. Esta probabilidade resulta da razão entre o número de quarteirões com incêndios e o número total de quarteirões estudados. A expressão matemática da probabilidade a priori é dada pela seguinte equação:

$$PP = \frac{S}{N}$$

Onde:

PP é a probabilidade *a priori* de ocorrência de incêndios urbanos;

S = n.º de quarteirões com incêndio;

N = n.º total de quarteirões.

O Valor Informativo de uma classe *cl* é obtido pelo logaritmo natural da razão entre a probabilidade condicionada da classe *cl* e a probabilidade *a priori*:

$$I_{cl} = \ln \frac{P_{Ccl}}{PP}$$

A integração dos valores informativos finais em cada unidade cartográfica (quarteirão) é dada pela seguinte equação:

$$Iq = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_{cl}$$

Onde:

m = n.º de variáveis;

Xij é igual a 1 ou 0, consoante a variável cl está ou não presente na unidade cartográfica q, respectivamente.

Para permitir uma análise exaustiva das variáveis da matriz, a unidade geográfica considerada foi o quarteirão, aproveitando-se a divisão administrativa em vigor. A tabela 1 sistematiza, com detalhe, as variáveis que foram utilizadas para o cálculo do Valor Informativo, conhecendo-se o histórico de incêndios de cada unidade geográfica e a respectiva área.

A construção dos modelos preditivos com o Valor Informativo decorreu em duas fases. Na primeira fase, foi utilizada toda a população das unidades geográficas que possuem histórico de recorrência de incêndios (2 ou mais ocorrências) para ponderar as variáveis condicionantes e construir um primeiro modelo preditivo (Modelo de Susceptibilidade 1). Na segunda fase, as unidades geográficas que registam recorrência de incêndios passados foram divididas aleatoriamente em dois grupos de dimensão equivalente: grupo de modelação e grupo de validação. O grupo de modelação foi utilizado para ponderar, novamente, as variáveis condicionantes, construindo, assim, um segundo modelo preditivo (Modelo de Susceptibilidade 2), o qual foi validado de modo independente por confronto com o grupo de validação.

Com vista a avaliar a capacidade preditiva do modelo e assegurar a utilidade dos mapas de

susceptibilidade produzidos com o método do Valor Informativo, procedeu-se à sua validação através da construção de curvas ROC (Receiver Operating Curve), de sucesso e de predição, que têm a vantagem de dispensar o método tradicional de “esperar para ver” até que ponto os espaços preditos pelos modelos voltam a registar novas ocorrências (Pereira, 2009; Oliveira, 2012; Marques, 2013;).

**Tabela 1 – Matriz de variáveis para o cálculo do Valor Informativo.**

## 5. Resultados

### 5.1. Estatística Descritiva do Histórico de Incêndios Urbanos no Município de Maputo (1999 - 2012)

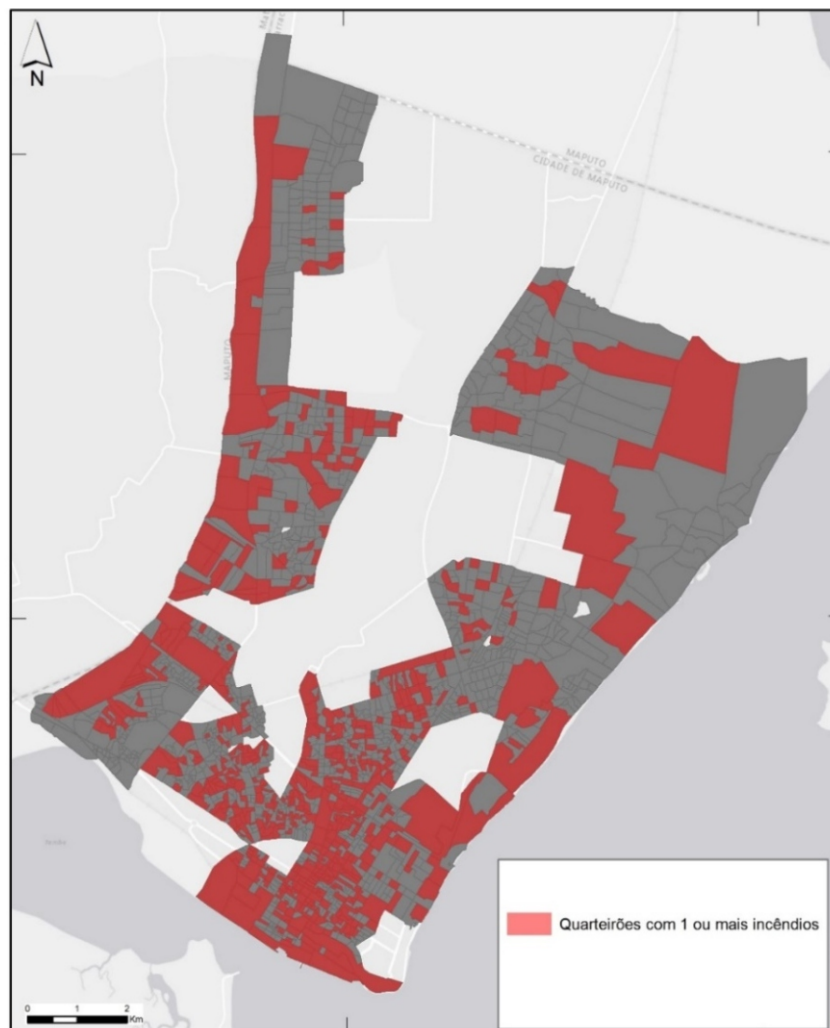
Através do inventário de casos de incêndios no período de 1999 a 2012, foi possível criar uma base de dados do histórico de incêndios urbanos com 887 ocorrências validadas, distribuídas em 576 quarteirões dos 36 bairros do Município de Maputo (figura 2).

A distribuição dos incêndios no território não é

Variável	Classes
Dimensão do quarteirão (hectare)	c1_ 0 – 1; c2_ 1 – 10; c3_ 10 – 100; c4_ > 10
Tipologia da edificação predominante no quarteirão	c1_ Predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços; c2_ Predomínio de casas de alvenaria até 1 piso essencialmente para habitação e pequenas atividades comerciais; c3_ Predomínio de pequenas construções de alvenaria rés de chão destinadas à habitação e barracas de restauração; c4_ Predomínio de casas prefabricadas ou de madeira e zinco, destinadas à habitação e barracas de restauração informal.
Número de casas por quarteirão	c1_ < 50; c2_ 50 – 100; c3_ 100 – 200; c4_ > 200
Presença de instalações técnicas	c1_ Bombas de combustível ou outras instalações com materiais líquidos altamente inflamáveis; c2_ Pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho; c3_ Sem nenhuma das instalações de categoria referida.
Qualidade de instalações elétricas	c1_ Com instalações elétricas em condições de segurança em vigor e utilizadas segundo as boas práticas de serviço, sem sobrecargas e sem risco imediato; c2_ Com instalações elétricas que, ainda que parcialmente remodeladas, com proteção dos circuitos com disjuntores adequados às potências instaladas e com a respetiva terra de proteção, apresentam deficientes condições de segurança; c3_ Com pelo menos, uma das seguintes condições: equipamentos, produtos ou instalações elétricas com graves problemas de isolamento; potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente.
Número de habitantes por quarteirão	c1_ < 200; c2_ 200 – 500; c3_ 500 – 1000; c4_ > 1000
Densidade populacional (habitantes/km <sup>2</sup> )	c1_ < 500; c2_ 500 – 5000; c3_ 5000 a 50000; c4_ > 5000
Número de habitantes por casa	c1_ < 4; c2_ 4 – 5; c3_ 5 – 6; c4_ > 6



uniforme nos trinta e seis bairros estudados, havendo tendência para maior concentração nos bairros mais antigos e de maior urbanização do município (eg. Central B, Central C, Central A, Alto Maé B e Malhangalene B, Polana Cimento B, Malhangalene A, Xipamanine, Mafalala, Maxaquene A, Maxaquene B e Chamanculo A), devido à maior presença dos factores condicionantes como: densidade de edificações e demográfica; a degradação e sobrecarga das instalações eléctricas; a presença de pequenas oficinas caseiras que utilizam a soldadura como principal técnica de trabalho; fraco ordenamento territorial (eg. acessos condicionados).



**Figura 2 – Mapa dos quarteirões com incêndios validados no Município de Maputo.**

## 5.2 Distribuição dos Incêndios pelos meses do ano

A tabela 2 ilustra o comportamento dos registos de incêndios urbanos ao longo dos meses do ano. Os dados indicam que há maior concentração de incêndios durante os meses de Julho (120) e Agosto (93), seguidos de Novembro, Dezembro e Janeiro, todos com um registo acima de 80 ocorrências. O mês com menor número de ocorrências é Março, com um registo de 44 casos. Esta tendência pode estar relacionada com o mau tempo que caracteriza os meses de Julho e Agosto (Inverno no hemisfério meridional), principalmente a ocorrência de ventos fortes que

funcionam como factor catalisador de desestabilização da corrente eléctrica, criando curto-circuitos nos bairros. Para além de provocar curto-circuitos, a ventania faz com que a Electricidade de Moçambique (EDM), empresa fornecedora de electricidade, desligue a corrente para evitar acidentes e isso leva a que muitas pessoas recorram ao uso de velas e candeeiros como fontes alternativas para a iluminação, aumentando a probabilidade de ocorrência de mais incêndios neste período.

Por outro lado, a concentração de ocorrências nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro pode explicar-se pela tendência natural do maior consumo de energia e de utilização de outras fontes de iluminação durante as férias do natal e do fim do ano, conforme foi assumido pelos

técnicos da EDM.

**Tabela 2– Distribuição das ocorrências pelos meses do ano (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

Mês	Nº de ocorrência	(%)
Janeiro	82	9,2
Fevereiro	57	6,4
Março	44	5,0
Abril	50	5,6
Maio	75	8,5
Junho	48	5,4
Julho	120	13,5
Agosto	93	10,5
Setembro	74	8,3
Outubro	77	8,7
Novembro	82	9,2
Dezembro	85	9,6
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>

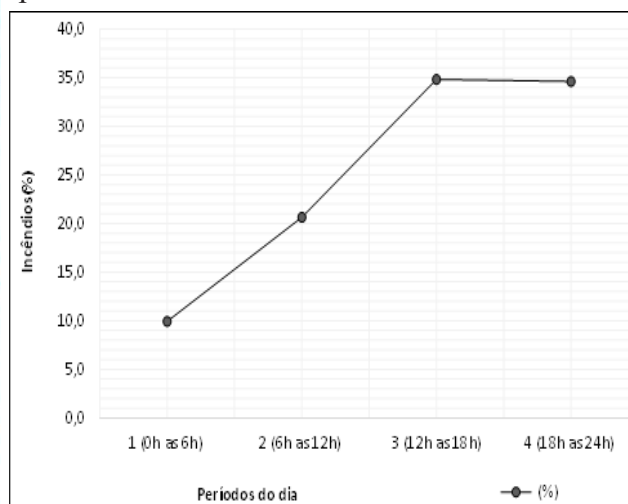
### 5.3. Distribuição de Incêndios ao longo do dia

O inventário de incêndios urbanos no Município de Maputo foi construído de modo a permitir uma análise da tendência das ocorrências ao longo do dia. Para tal, dividiu-se o dia em quatro períodos, como se indica na figura 3.

A maior parte dos incêndios ocorre durante os períodos 3 (das 12 às 18h) e 4 (das 18 às 24h). Com efeito, durante o terceiro período ocorreram 309 incêndios (34,8 % do total dos registos), enquanto ao longo do quarto período houve registo de 300 casos (34,6 % do total). Este comportamento era de se esperar, tendo em conta que é durante esses dois períodos que as pessoas estão nas suas residências, ou para o intervalo de almoço ou mesmo porque já terminaram a sua jornada laboral, o que intensifica o consumo de energia elétrica que, muitas vezes, culmina com curto-circuitos, principal causa dos incêndios em Maputo, como se verá na secção seguinte.

Durante os dois primeiros períodos do dia, período 1 (da meia noite às 6 horas) e período 2 (das 6 às 12 horas), registam-se poucos incêndios. Trata-se, na maioria dos casos, de incêndios com causas desconhecidas ou mal esclarecidas, pois

ocorrem durante a noite, quando as pessoas estão a dormir, ou então de dia, quando as pessoas não estão em casa. Entretanto, é de realçar que é durante o período nocturno que há maior probabilidade de os incêndios fazerem vítimas.



**Figura 3 – Distribuição percentual dos incêndios ao longo do dia (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).**

### 5.4. Factores Desencadeantes dos Incêndios e Agentes Supressores

A identificação dos factores desencadeantes dos incêndios correspondeu ao que, nos registos do SENSAP, se considera causa da ocorrência, tendo sido possível identificar 11 factores, nomeadamente curto-circuito, fogo posto, equipamento de cozinha, vela, fósforo, cigarro, candeeiro, fuga de gás, brasa, auto-aquecimento e soldadura. Entretanto, constatou-se a existência de ocorrências cujas causas não foram devidamente esclarecidas e casos decorrentes de causas excepcionais ou raras, como descargas eléctricas atmosféricas e explosivos militares. Esses dois grupos de factores foram, respectivamente, designados por desconhecidos e outros, conforme consta da tabela 3. Esta tabela mostra, em termos absolutos e em frequência, a

hierarquia dos factores desencadeantes de incêndios urbanos no Município de Maputo.

Tabela 3 – Factores desencadeantes dos incêndios no Município de Maputo de 1999 a 2012 (fonte dos dados: registos dos livros diários dos bombeiros e arquivo do Jornal Notícias).

Factor desencadeante do incêndio	Nº de incêndios registados	%
Curto-circuito	356	40
Equipamento de cozinha	108	12
Desconhecido	84	9
Vela acesa	74	8
Fósforo com menor	58	7
Fogo posto	42	5
Candeeiro artesanal	39	4
Cigarro aceso	38	4
Fuga de gás	25	3
Auto aquecimento	23	3
Brasa	22	2
Soldadura	12	1
Outros	6	1
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>

O curto-circuito foi o factor determinante na maior parte dos incêndios, com 40 % do universo das ocorrências. Significa que mais de 1/3 das ocorrências de incêndios deveu-se a problemas relacionados com a energia eléctrica, quer devido à precariedade das instalações eléctricas, quer por negligência no uso de electrodomésticos.

A influência das precárias instalações eléctricas manifesta-se ainda no elevado número das ocorrências associadas a equipamentos de cozinha (12 % do total), auto-aquecimento e soldadura (3 % e 1 % do total, respectivamente), pois esses factores, muitas vezes, relacionam-se com ligações clandestinas ou instalações eléctricas improvisadas e a consequentes sobrecargas de utilização da corrente eléctrica.

Os dados colocam ainda em destaque o fogo posto, um factor normalmente tratado em fórum criminal, que responde por 5 % das ocorrências.

No entanto, convém explicar que muitos casos de fogo posto ocorreram fora das residências ou dos estabelecimentos comerciais, atingindo elementos como contentores de lixo, como será demonstrado na secção seguinte.

Na sequência, figuram factores que expressam

a influência do comportamento humano na ocorrência de incêndios. A negligência humana manifesta-se em factos concretos como esquecer o fogão, o candeeiro ou a vela em chama, deixar as crianças brincarem com fósforos ou até esquecer um cigarro aceso sobre algum material condutor do fogo. Com efeito, esses comportamentos, juntos, foram responsáveis por 23 % do universo das ocorrências.

A representar 3 % do total, encontra-se a fuga de gás doméstico. Este factor relaciona-se, por um lado, com a negligência humana e, por outro, com a precariedade das instalações de botijas de gás para cozinha. O gás doméstico ainda não é canalizado, o que representa uma expressiva exposição ao perigo em caso de incêndio, sendo certo que seria mais fácil fechar a conduta do fornecimento de gás num bairro do que desligar todas as botijas existentes nas residências.

Com uma expressão relativamente menos significativa encontra-se a soldadura (1 % do total). Os incêndios associados a este factor desencadeante ocorrem, normalmente, em pequenos estabelecimentos de indústria de manufactura e em oficinas de serralharia.

Como já foi referido, não foi possível determinar a causa de 9 % do total dos incêndios.

O facto de esta categoria ocupar a terceira posição ilustra as dificuldades que os bombeiros têm na determinação das causas dos incêndios. Aliás, Primo *et al.* (2008) encontraram situação similar ao estudarem os incêndios na cidade do Porto (Portugal).

### 5.5. Susceptibilidade a Incêndios Urbanos

Com base no método do Valor Informativo, foram construídos dois modelos de susceptibilidade, utilizando 8 variáveis descritas na secção 3 (Dados e Métodos). O primeiro modelo considerou a totalidade dos quarteirões que possuem histórico de recorrência de incêndios e o segundo utilizou metade dos quarteirões com recorrência de incêndios, reservando a segunda metade para a validação independente.

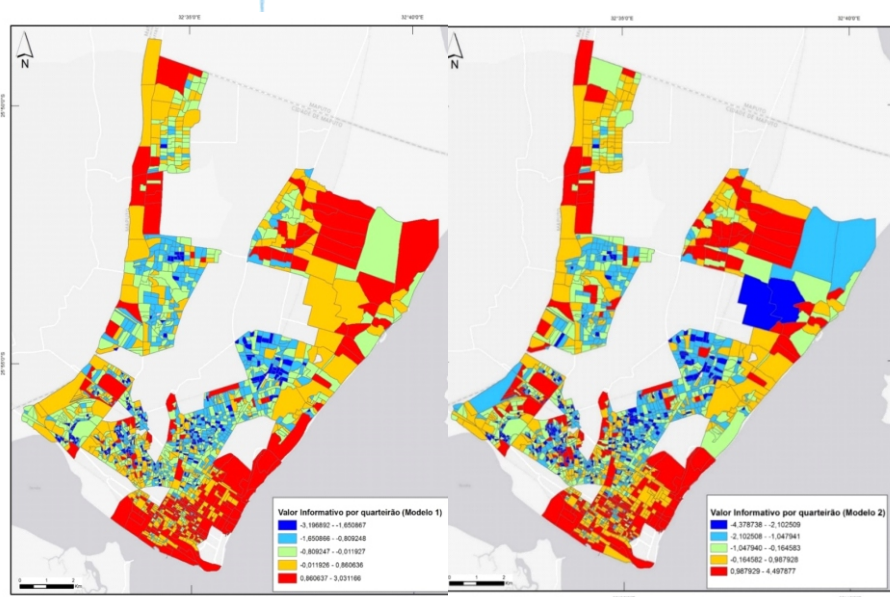
Deste modo, a probabilidade de recorrência de incêndio dentro de um quarteirão de Maputo seria traduzida pelo valor da probabilidade *a priori* (0,094), no caso da ocorrência dos incêndios no espaço ser puramente aleatória e admitindo robustez e representatividade do registo dos incêndios passados.

A análise georreferenciada resultou em dois modelos de susceptibilidade, Modelo de Susceptibilidade 1 com todos os quarteirões com histórico de recorrência) e Modelo de Susceptibilidade 2 (Figura 4) com metade dos quarteirões com histórico de recorrência – Grupo de modelação. Os mapas mostram que a distribuição da susceptibilidade a nível do Município de Maputo não é uniforme, existindo áreas mais susceptíveis

que outras, facto explicado pela heterogeneidade existente entre os espaços geográficos que constituem a área de estudo, pela presença diferenciada dos factores condicionantes e pelo histórico de recorrência de casos de incêndios.

Pese embora a existência de algumas diferenças na classificação da susceptibilidade de alguns quarteirões (principalmente os de maiores dimensões) entre os dois modelos de susceptibilidade produzidos com o método do Valor Informativo, é assinalável a grande concordância espacial observada, em geral, entre os dois modelos.

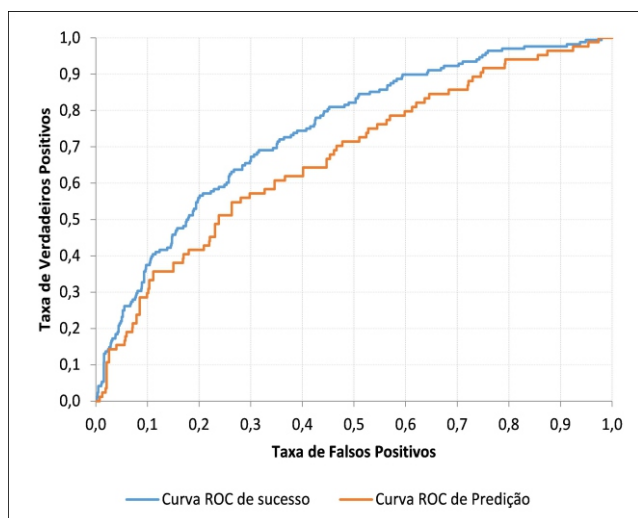
**Figura 4 – Níveis de susceptibilidade na área de estudo resultante dos dois modelos.**



A validação dos dois modelos resultou em curvas ROC com Áreas Abaixo da Curva aceitáveis ( $AAC > 0,50$ ), não obstante o Modelo de Susceptibilidade 2 apresentar uma taxa de predição inferior ( $AAC=0,67$ ) à taxa de sucesso do Modelo de Susceptibilidade 1 ( $AAC=0,75$ ), diferença que se explica pela maior exigência do procedimento da validação independente utilizado na validação do Modelo de Susce-



ptibilidade 2 (Figura 5).



**Figura 5 – Curvas ROC de Sucesso e de Predição dos modelos de susceptibilidade 1 e 2, respectivamente.**

## 5. Considerações Finais

A precariedade da rede de electricidade, a elevada densidade da edificação e populacional, assim como o deficiente ordenamento territorial fazem com que o Município de Maputo seja um território bastante exposto aos incêndios urbanos.

A análise do histórico dos incêndios permitiu concluir que as deficiências nos sistemas eléctricos estão associadas à ocorrência de uma parte significativa dos incêndios em Maputo (40 % do total), sendo que a maioria dos casos ocorre durante os meses de Julho e Agosto, ou seja, durante o inverno austral. Adicionalmente, a maioria dos incêndios ocorre das 12 às 18 (34,8 % do total) e das 18 às 24 horas (34,6 % do total), o que se deve à instabilidade frequente da corrente eléctrica devido a ventos fortes que se fazem sentir em Maputo, associada à tendência para o incremento do consumo de energia eléctrica nesses períodos, muitas vezes, culminando com curto-circuitos.

Os resultados obtidos através da modelação da susceptibilidade com o Valor Informativo mostraram que existe uma grande concordância

espacial entre os modelos preditivos gerados. Com efeito, a validação dos dois modelos resultou em curvas ROC com Áreas Abaixo da Curva aceitáveis ( $AAC > 0,50$ ), não obstante o Modelo de Susceptibilidade 2 apresentar uma taxa de predição inferior ( $AAC = 0,67$ ) à taxa de sucesso do Modelo de Susceptibilidade 1 ( $AAC = 0,75$ ), diferença que se explica pela maior exigência do procedimento da validação independente utilizado na validação do Modelo de Susceptibilidade 2.

O estudo das relações entre a distribuição dos incêndios urbanos e os seus factores condicionantes mostrou que a distribuição espacial dos incêndios no Município de Maputo não é aleatória, sendo especialmente favorecida pelas seguintes combinações de condições: quarteirões com dimensão de pelo menos 10 hectares, com mais de 200 edifícios, com uma população superior a 1000 habitantes e uma densidade populacional entre 500 e 5000 hab/km<sup>2</sup>, com predomínio de prédios com mais de 2 pisos, destinados à habitação, comércio e serviços. Os incêndios são favorecidos ainda pela existência de pequenas oficinas ou outras instalações que usam soldadura como ferramenta de trabalho, bem como pela existência de problemas em instalações eléctricas, tais como equipamentos sem isolamento, potência consumida superior à potência contratada, indiciando algum imprevisto ou desvio de corrente. Estes resultados confirmam integralmente a hipótese e os objectivos definidos.

Os resultados apresentados no presente artigo, embora sejam robustos e significativos estatisticamente, devem ser interpretados como um ponto de partida para o desenvolvimento de futuros trabalhos de modelação do risco de incêndios urbanos em Maputo ou em outras cidades. A próxima etapa será o cálculo da

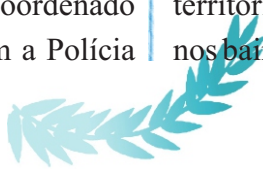
probabilidade temporal que irá permitir a determinação da perigosidade. Posteriormente, será importante um estudo da vulnerabilidade estrutural (capacidade de suporte) e da vulnerabilidade social (criticidade) dos elementos expostos (população e bens) para completar a análise do risco.

**Ações:** Os resultados desta pesquisa podem servir de base para a orientação da planificação operativa no combate a incêndios nos bairros de Maputo. Por exemplo, considerando que o estudo concluiu que os incêndios ocorrem com maior frequência durante os meses de Julho e Agosto, entre as 12 e 18 horas e das 18 às 24 horas, é possível desenhar e activar um plano coordenado de intervenção, preparando, junto com a Polícia

de Trânsito e os Serviços de Saúde, os itinerários de acesso às áreas de maior susceptibilidade e às fontes de abastecimento de água e de evacuação durante esse período.

Os resultados também podem ser usados como instrumentos de apoio na formulação de políticas públicas, por exemplo, na definição de prioridades para a aquisição dos meios de combate a incêndios, a introdução de programas de educação cívica aos munícipes sobre o risco de incêndios, com maior enfoque para as medidas preventivas.

Grandes medidas estruturais são igualmente necessárias no contexto do ordenamento do território, nomeadamente na melhoria dos acessos nos bairros de Maputo.



## Referências Bibliográficas

- Acioly, C., & Dadson, F. (1998). *Densidade Urbana. Um Instrumento de Planeamento e Gestão Urbana*. Rio de Janeiro: MAUAD Editora Ltda.
- Araújo, M. G. M. (2006) *Espaço Urbano Demograficamente Multifacetado: As cidades de Maputo e da Matola*. Disponível em: [www.apdemografia.pt](http://www.apdemografia.pt). Acesso em: 16 Junho. 2012.
- Castro, C. F., & Abrantes, J. M. (2005). *Combate a Incêndios Urbanos e Industriais. Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, Vol. X. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.
- Guia Geográfico-Países do Continente Africano (2014). Disponível em <http://www.africa-turismo.com/mapas/mocambique.htm>. Acesso em 12 de Outubro de 2014.
- Guillard, C., & Zêzere, J. L. (2012). Landslide Susceptibility Assessment and Validation in the Framework of Municipal Planning in Portugal: The Case of Loures Municipality. *Environment Management*, 50, (4), 721-735.
- Guzzetti F (2005) *Landslide Hazard and Risk Assessment. Concepts, Methods and Tools for the Detection and Mapping of Landslides, for Landslide Susceptibility Zonation and Hazard Assessment, and for Landslide Risk Evaluation*. Dissertation. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn.
- INE, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (2007). *Resultados Definitivos do Recenseamento Geral da População e Habitação*. Maputo: INE.
- INE, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (2009). *Recenseamento Geral de População e Habitação 2007*. Maputo.
- Istre, G., McCoy, M., Carlin, M., & McClain, J. (2002). Residential Fire Related Deaths and Injuries among Children: Fireplay, Smoke Alarms, and Prevention. *Injury Prevention*, 8, 128-132.
- Istre, G., McCoy, M., Osborn, L., Barnard, J., & Bolton, A. (2001). Deaths and Injuries from House Fires. *NEng J Med*, 6, 344-1911.
- Julião, R. P., Nery, F., Ribeiro, J. L., Branco, M. C., & Zêzere, J. L. (2009). *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal*. ANPC, DGOTDU, IGP. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil.
- Palomino, A. J. (2001). Grandes Incêndios Urbanos. *Mesa Redonda*. 25, 111-124.
- Pereira, N., & Lourenço, L. (2006). Riscos de Cheias e Inundações após Incêndios Florestais. O Exemplo das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Piódão e de Pomares. *Actas das VI Jornadas Nacionais de Prosepe*, 123-149.

- Pereira, S. (2009). *Perigosidade a Movimentos de Vertente na Região Norte de Portugal*. Dissertação de Doutoramento em Geógrafa Física. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto.
- Piedade, A., Zêzere, J. L., Garcia, R. A., & Oliveira, S. C. (2011). Modelos de Susceptibilidade a Deslizamentos Superficiais Translacionais na Região a Norte de Lisboa. *Finisterra*, XLVI, 91, 9-26.
- Santos, M., Vicente, R. F., Varum, H., Costa, A., & A R Mendes da Silva, J. (2011). Avaliação do Risco de Incêndio em Núcleos Urbanos Antigos. 2<sup>as</sup> Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos. Portugal: Universidade de Coimbra - 3 de Junho de 2011.
- Seito, A. I., Gill, A. A., Pannoni, F. D., & Ono, R. (2008). *A Segurança contra Incêndios no Brasil*. São Paulo: Projeto Editora.
- Verde, J. C., & Zêzere, J. L. (2011). *A Cartografia de Risco de Incêndio como base para o Fogo de Gestão*. VIII Congresso da Geografia Portuguesa. Lisboa: Instituto de Geografia e Ordenamento do Território.
- Vicente, R., Mendes, D. S., Varum, H., & Guimarães, D. C. (2010). *Avaliação do Risco de Incêndio Urbano*. *Cadernos Técnicos de Apoio à Avaliação do Risco Sísmico e de Incêndio nos Núcleos Urbanos Antigos do Seixal*. Coimbra: Instituto Pedro Nunes.
- Ward, A., & Trimble, S. W. (2004). *Environmental Hydrology*. Boca Raton, Fla: Lewis Publishers.
- Warda, L., Tenenbein, M., & MoVatt, M. E. (1999). House Fire Injury Prevention Update. Part I. A Review of Risk Factors for Fatal and Non-fatal House Fire Injury. *Injury Prevention*, 5, 145-150.
- Yan, T. Z. (1988). Recent Advances of Quantitative Prognoses of Landslide in China. In Bonnard C (ed.) *Landslides. Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 1263-1268.
- Yang, L., Heng, C., Yong, Y., & Tingyong, F. (2005). The Effect of Socioeconomic Factors on Fire in China. *Journal of Fire Sciences*, 23, 451-467.
- Yevjevich, V. (1972). *Probability and Statistics in Hydrology*. Colorado: Water Resources Publications, Fort Collins.
- Yin, K., & Yan, T. (1988). Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks. *Proceedings 5th International Symposium on Landslides*, 2, 1269-1272.
- Yung, D. T. (2008). *Principles of Fire Risk Assessment in Buildings*. Toronto, Canada: Yung & Associates Inc.
- Zêzere, J. L. (1997). *Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa*. Dissertação de doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Zêzere, J. L. (2006). Predição Probabilística de Movimentos de Vertente na Escala Regional. *Actas de las Jornadas sobre terrazas y Prevención de riesgos naturales*, 17 - 30.
- Zêzere, J. L. (2010). *Relatório do Programa de Perigosidade, Vulnerabilidade e Riscos no Território: Aplicação aos Movimentos de Vertente*. Provas de Agregação. Universidade de Lisboa.
- Zêzere, J. L., Faleh, A., Sadiki, A., Garcia, R., & Oliveira, S. (2009). *Modelação da Susceptibilidade a Deslizamentos na Bacia do Oued Sra (Rif central, Marrocos) com Métodos Estatísticos Bi-variados*. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos APGEOM, vol. VI, Braga, 203-210.
- Zêzere, J. L., Pereira, A. R., & Morgado, P. (2006). Perigos Naturais e Tecnológicos no Território de Portugal Continental. *Apontamentos de Geografia*, C.E.G., 19, 1-17.